

Jarkko Selin

ASETUSPROSESSIN OPTIMOINTI
KONEPAJAYMPÄRISTÖSSÄ

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2018

ASETUSPROSESSIN OPTIMOINTI KONEPAJAYMPÄRISTÖSSÄ

Selin, Jarkko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2018
Sivumäärä: 29
Liitteitä: 0

Asiasanat: koneistus, tietokoneavusteinen valmistus, CNC

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää menetelmä nopeuttamaan sorvauskeskuksen asetusprosessia R-Sarkon Oy:lle. Yritys tarvitsi menetelmän, jolla tuottaa ajokuntoista NC-koodia suoraan CAM-ohjelmistolla.

Yritykseen hankittiin yhteistyökumppanilta uusi postprosessori haluttuun CNC-sorvauskeskukseen. Postprosessorin määritys on kuvattu tässä opinnäytetyössä. Työn alussa on käsitelty koneistukseen ja postprosessoreihin liittyvää teoriaa. Työ oli pitkälti määritysten keräämistä yhteistyökumppanille, sekä postprosessorin testaamista yrityksen tiloissa.

Työn lopputuloksena saatiin toimiva postprosessori CAM-ohjelmistoon, joka otettiin yrityksessä käyttöön. Postprosessorissa on lisäksi ylläpitosopimus, joten sen kehittämistä voidaan jatkaa myös tämän opinnäytetyön jälkeen, jos ongelmia ilmenee.

SETUP PROCESS OPTIMIZATION IN A MACHINE SHOP ENVIRONMENT

Selin Jarkko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

April 2018

Number of pages: 29

Appendices: 0

Keywords: machining, computer-aided manufacturing, CNC

The purpose of this thesis was to develop a method that would speed up the setup process of a newly acquired CNC turning center. This thesis was commissioned by the local machine shop R-Sarkon Ltd. The company needed a method that would allow the machinist to create production ready G-code using only the CAM software.

A Post Processor was commissioned from a subcontractor. The subcontractor tailor-made a new Post Processor for the CNC turning center in question. The process of gathering information for the subcontractor regarding the turning center and the testing of the Post Processor are both described in this thesis. Actual work for this thesis was mainly conducted in the commissioning company. Theory regarding Post Processors and CNC machining in general is presented at the beginning of this thesis.

As a result of this thesis a working Post Processor was installed on to the CAM software. The Post Processor is used daily in the commissioning company and has cut the time spend on the setup process significantly. The Post Processor is under one-year maintenance contract so that the development can be continued even after this thesis.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖN TAUSTA	6
2.1	R-Sarkon Oy	6
2.2	Tavoitteet ja työn rajausta.....	6
2.3	Opinnäytetyön rakenne	8
3	TEORIA	8
3.1	CAD/CAM-ohjelmistot.....	8
3.2	CNC-työstökoneet.....	10
3.3	NC-ohjelmointi	11
3.4	Työstäminen usealla karalla samanaikaisesti.....	12
3.5	Postprosessori	14
4	POSTPROSESSORIN HANKINTA JA MÄÄRITYS	16
4.1	Toimittajan valinta	16
4.2	Ensimmäinen määrittäminen.....	17
4.3	Toinen määrittäminen	20
4.4	Kolmas määrittäminen	21
4.5	Neljäs määrittäminen.....	24
4.6	Viimeinen määrittäminen	25
5	POHDINTA.....	28
	LÄHTEET	29

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, miten yrityksessä käytössä olleella CAM-ohjelmistolla saataisiin tehtyä ajovalmista NC-koodia. Opinnäytetyö tehtiin R-Sarkon Oy:lle ja sen lähtökohtana oli yrityksen todellinen ongelma. Työ aloitettiin loppuvuodesta 2017 ja saatiin valmiiksi keväällä 2018.

Ongelmana oli, että CAM-ohjelmistolla saatiin tehtyä osia NC-koodista, esimerkiksi geometrisesti monimutkaisia työstöratoja. NC-koodin osat täytyi kuitenkin manuaalisesti muokata ajokuntoiseksi. Työn tarkoituksena oli tutkia vaihtoehtoja, joilla saataisiin valmista NC-koodia suoraan CAM-ohjelmistosta CNC-koneeseen. Opinnäytetyö keskittyi pääasiassa yhteen CNC-sorvauskeskukseen. Kyseessä olleella koneella tehtiin lyhyempiä sarjoja, jolloin asetusajan pituus korostui.

Työssä päätettiin keskittyä yhteen CNC-sorvauskeskukseen, joka tässä tapauksessa oli DMG MORI NLX 1500. Ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan tilaamalla sorvauskeskukseen räätälöity postprosessori. Tämä opinnäytetyö raportoi postprosessorin määrittystä ja siihen liittyvää selvitystyötä. Varsinainen postprosessori toteutettiin alihankintana yhteistyökumppanilta.

2 TYÖN TAUSTA

2.1 R-Sarkon Oy

R-Sarkon Oy on Raumalla vuonna 1989 perustettu konepaja, joka on erikoistunut automaattisorvaukseen. Yrityksen liikevaihto oli 8 203 000 euroa vuonna 2016. Henkilöstömäärä samana vuonna oli 65 henkilöä. Yrityksessä valmistettiin vuonna 2016 yli 13.9 miljoonaa osaa tai osakokoonpanoa eri teollisuudenaloille. Yrityksen konekantaan kuuluu lähes 70 sorvista, seitsemästä koneistuskeskuksesta sekä työkalu- ja kokoonpano-osastoita. (R-Sarkon Oy www-sivut 2018)

2.2 Tavoitteet ja työn rajaus

Työn tavoitteet ja rajaukset päätettiin yrityksen edustajien kanssa aloituspalaverissa 14.9.2017. Palaverissa pohdittiin myös, miten ongelmaa lähdettäisiin ratkaisemaan. Ongelma oli, että NC-ohjelmat täytyi tehdä käsin valmiiksi ennen kuin ne voitiin asettaa CNC-sorvauskeskuksiin. NC-ohjelmat sisälsivät sorvauksia, jysintöjä, porauksia, katkaisuja, työstöä apukaralla ja niin edelleen. Yrityksessä pystyttiin silloisella CAM-ohjelmistolla tekemään erikseen näitä prosesseja, mutta niitä ei saatu yhdistettyä CAM-ohjelmiston sisällä. NC-koodi täytyi koota manuaalisesti yhtenäiseksi näistä osakoodeista sen jälkeen, kun NC-koodi oli lähtenyt CAM-ohjelmistosta. Ihanteellisesti koko ohjelma tehdään CAM-ohjelmiston sisällä ja postprosessoinnin jälkeen koodi on sellaisenaan valmis ajettavaksi. Oltiin yksimielisiä siitä, että silloinen tilanne pitkitti asetukseen kuluva aikaa ja lisäsi mahdollisuuden inhimillisiin virheisiin.

Päätettiin, että ongelmaa lähdettäisiin ratkaisemaan tilaamalla uusi postprosessori. Jo varhaisessa vaiheessa päätettiin rajata ongelma yksittäiseen työstökoneeseen, sillä postprosessorin määrittäminen on hyvin yksilöllistä. Ongelman rajaus kohtuulliseksi palvellee myöskin opinnäytetyön raportointia. Yhdessä päätettiin, että opinnäytetyö käsittelee yhtä työstökoneetta. Työstökoneeksi tähän tarkoitukseen valikoitui yksi yrityksen tuoreimmista investoinneista DMG MORI NLX 1500 -sorvauskeskus. Valintaan vaikutti osaltaan se, että koneella tehtiin lyhyempiä sarjoja, jolloin asetusprosessiin kuuluva aika oli erityisen kriittistä. Vertailukohdaksi voidaan ottaa yrityksen suuremmat

CNC-sorvauskeskukset, joilla ajettavat sarjat saattoivat olla satoja tuhansia kappaleita vuosittain. Näille koneille asetus voitiin tehdä muutaman kerran vuodessa, jolloin asetusajalla ei ollut suurtakaan merkitystä. R-Sarkon Oy:llä tuotteiden sarjat vaihtelivat yhdestä prototyypistä satoihin tuhansiin vuodessa ja tähän työhön valikoitu sorvauskeskus oli käytössä juurikin prototyyppien testauksessa sekä pienemmissä sarjoissa.

Asetusprosessi CNC-sorvauskeskukselle on laaja ja kokonaisvaltainen työvaihe. Tästä syystä aihetta päätettiin vielä rajata koko asetusprosessista pienemmäksi osakokonaisuudeksi. Sovittiin, ettei työn tarkoituksena ollut selvittää miten tehdään työstöratoja kyseiselle sorvauskeskukselle, sillä ne osattiin jo tehdä yrityksessä. Postprosessori päätettiin hankkia kolmannelta osapuolelta aloittamatta postproessorin ohjelmoinnin opiskelua. Tähän päätökseen vaikutti useampi perustavanlainen ongelma, jotka liittyvät postproessorin räätälöimiseen manuaalisesti. Postproessorin määrittäminen on käytännössä yritys ja erehdys -tyyppistä kokeilua ja olisi täten vienyt opinnäytetyöhön nähden kohtuuttomasti aikaa yksin ensikertalaiselta. Lisäksi useita ongelmia olisi siirtynyt tulevaisuuteen. Kun prosessi hoidetaan yhteistyökumppanin kanssa, voidaan yrityksessäkin luottaa siihen, että vuosienkin jälkeen on luotettava taho, jolta voi kysyä ilmenneistä ongelmista. Tällaisia tilanteita on esimerkiksi CAM-ohjelmiston päivitykset ja versiomuutokset. CAM-ohjelmiston päivityssykli on varmasti lyhyempi kuin CNC-työstökoneen odotettu käyttöikä.

Työ päätettiin aloittaa vertailemalla alihankkijoita, joilta postprosessori tilattaisiin. Seuraavaksi täytyi konsultoida kyseisen sorvauskeskuksen koneistajia ja kerätä tarpeeksi määritystietoja postproessoria valmistavalle alihankkijalle, jotta tämä saa postproessorin määrittämisen aloitettua. Tämän jälkeen varattiin aikaa postproessorin yritys ja erehdys -vaiheelle, jossa postproessorin eri versioita lähetettiin tilaajan ja alihankkijan välillä. Tässä vaiheessa etsittiin yhdessä optimaalista ratkaisua. Tärkeänä pidettiin myös postproessorin hyväksyttämistä koneistajilla ja näiden tulosten raportointia takaisia alihankkijalle.

Lopuksi tehtiin vielä yhteenveto ja määritettiin selkeästi millainen työn lopputulos tulisi olla. Yrityksen puolelta tulosodotus oli saada menetelmä tuottamaan valmis postprosessori yhdelle koneelle. Tätä voitaisiin hyödyntää yrityksessä aktiivisesti

myös tulevaisuudessa. Mahdolliset korjaukset postprosessoriin onnistuisivat jälkikäteen, sillä kolmas osapuoli tekisi varsinaisen postprosessorin. Käytännön tuloksena odotettiin ohjeistusta koneistusoperaatioiden käyttöön, valmis postprosessori sekä kirjallinen lopputyö.

2.3 Opinnäytetyön rakenne

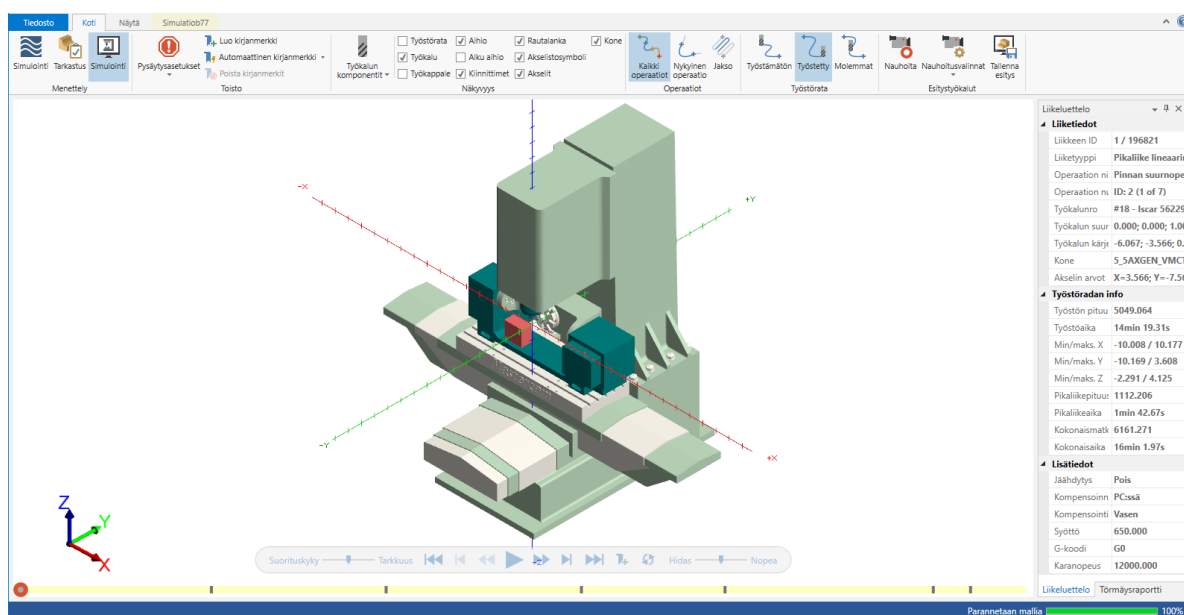
Tämän opinnäytetyön rakenne on jaettu kahteen osaan. Aluksi käsitellään työhön liittyvää teoriaa. Teoriaosuus on välttämätön, sillä työssä on paljon alakohtaista teoriaa, joka täytyy selostaa ennen käytännön toteutusta. Toisessa osassa tutkitaan, miten ongelma käytännössä ratkaistiin. Lopuksi pohditaan, miten annetusta tehtävästä suoriututtiin ja mitä lopulta saatiin aikaan. Työssä ei varsinaisesti tuoteta mitään fyysistä, vaikkakin työllä on välillisesti fyysisiä seurauksia. Työn luonne on tämän johdosta hyvinkin pitkälle teoreettinen, eikä se juurikaan sisällä esimerkiksi kuvia valmiista kappaleista, sillä ne eivät ole tämän työn kannalta oleellisia.

3 TEORIA

3.1 CAD/CAM-ohjelmistot

CAM-ohjelmistojen nimitys tulee englanninkielisestä sanasta Computer aided manufacturing, joka tarkoittaa suomeksi tietokoneavusteista valmistusta. CAD-ohjelmistojen nimitys vastaavasti tulee englanninkielen sanasta Computer aided design, eli tietokoneavusteinen suunnittelu (edu.fi www-sivut 2018). Näiden toimintaperiaate lyhyesti on, että CAM-ohjelmistolla voidaan muuttaa CAD-ohjelmalla luodusta mallista tai kokoonpanosta työstöratoja. Työstöradat ohjaavat CNC-konetta. Jos CAD- ja CAM-ohjelmistot ovat samassa paketissa, puhutaan CAD/CAM-ohjelmistosta. Tällaisella ohjelmistolla voidaan sekä suunnitella CAD-malli, että muuttaa se NC-koodiksi, jolla voidaan ohjata CNC-työstökonetta. Ideaalisesti CAD/CAM-ohjelmiston lisäksi ei tarvita muita ohjelmistoja CAD/CAM/NC -ketjuun. Yleisesti

kuitenkin suunnitteluun käytetään tehokkaampia CAD-ohjelmistoja, kuten SolidWorks. Useimmilla CAD-ohjelmistoilla voidaan suorittaa lujuuslaskentaa ja FEM-analyysiä, pelkän mallin piirtämisen sijaan (Solidworks www-sivut 2018). Useissa CAM-sovelluksissa on mahdollisuus konesimulointiin. Simuloinnin avulla voidaan tarkastella työkalun suorittamia toimintoja. Tämä voidaan tehdä valmiista NC-koodista tai keskeneräisestä CAM-tiedostosta. Simulointi voidaan tehdä geneerisellä koneella, jossa ei ole konekohtaisia rajoja tai ominaisuuksia. Toisinaan konevalmistajat tarjoavat mahdollisuutta täyteen konesimulointiin, jolloin simuloinnissa voidaan nähdä tarkalleen kyseessä oleva työstökone. Täysi konesimulaatio mahdollistaa työstökoneen turvarajojen ja erikoistoimintojen huomioimisen jo asetuksen aikaisessa vaiheessa. Mastercamissa toimiva täysi konesimulaatio on esitetty kuvassa 1. (Camworks www-sivut 2018)



Kuva 1. Konesimulaatio käytössä Mastercamissa (Mastercam www-sivut 2018)

Tässä opinnäytetyössä käytetty CAD/CAM-ohjelmisto oli yhdysvaltalainen Mastercam. Yrityksessä oli alun perin käytössä vanhempia versioita Mastercamin eri lathe- ja mill-versioista, mutta tämän työn aikana niitä alettiin päivittää uudempiin versioihin. Tässä työssä tuotettu postprosessi tehtiin lopulta Mastercam 2018 -versioon. Tulkkaavat ohjelmat, kuten postprosessorit ovat todella tarkkoja pienistäkin eroista näiden eri versioiden välillä. Tämä tuli esille työtä aloitettaessa, jolloin ensimmäinen versio

postprosessorista määriteltiin aikaisempaan Mastercam x8 -versioon. Kun taas yrityksessä oltiin siirrytty Mastercam 2018 -versioon, ei vanha postprosessori enää päivityksen jälkeen toiminutkaan.

Mastercam on yhdysvaltalainen CAD/CAM-ohjelmisto, se on Suomen ja koko maailman suosituin CAM-ohjelmisto. Mastercamia kehittää vuonna 1983 Massachusettissa perustettu CNC Software, Inc. Yritys on yksi maailman vanhimmista tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmistotuottajista. Mastercamia Suomessa ja Virossa edustaa Zenex Computing Oy. Ohjelmisto on ollut saatavissa suomenkielisenä jo vuodesta 1987. Mastercam tarjoaa nykyisin myös Mastercam for SOLIDWORKS -lisäosaa, joka mahdollistaa Mastercamin käytön suoraan SolidWorksin käyttöliittymästä. (Mastercam.fi -sivusto 2018)

3.2 CNC-työstökoneet

CNC-termi on lyhenne englanninkielien sanoista Computer numerical control, eli suomeksi tiekoneistettu numeerinen ohjaus. CNC-termillä on niin pitkät juuret, että ennen tietokoneiden esiinmarssia puhuttiin pelkästään numeerisesta ohjauksesta. Englanniksi Numerical Control, eli NC. Tämän työn puitteissa käydään läpi CNC-koneet, sekä niitä ohjaava G-koodi. CNC-työstökoneella tarkoitetaan uudempia koneita, joissa on tietokoneistettu ohjaus. Nykyään molemmat termit ovat kuitenkin sekoittuneet ja useasti NC-termin ajatellaan sisältävän CNC-termi. (edu.fi www-sivut 2018)

CNC-työstökoneet jaetaan yleensä karkeasti kolmeen kategoriaan; sorvit, sorvauskeskukset sekä koneistuskeskukset. Termit ovat kuitenkin häilyviä ja vaihtelevat valmistajasta toiseen. Pääsääntöisesti CNC-työstökoneisiin pätevät nämä jaottelut; CNC-sorvilla voidaan periaatteessa vain sorvata, sillä ei tehdä porauksia tai jyrsintöjä. CNC-sorvauskeskuksella puolestaan voidaan tehdä kaikki mitä sorvillakin. Lisäksi sillä on mahdollisuus jyrsiä, jolloin kappale pysäytetään ja jyrsin työstää kappaletta. Yleensä näissä on myös mahdollisuus porata niin, että kappale tai poranterä pyörii. CNC-sorvauskeskusten akselimäärät vaihtelevat suuresti, niissä voi lisäksi olla esimerkiksi

apukara, sekä useampia työkalurevolvereja. Näiden erona voidaan nähdä, että sorvauskeskuksella yritetään saada valmis kappale täysin automaattisesti, kun taas sorvilla voidaan esimerkiksi vaiheistaa kierteitä muuten keskeneräiseen kappaleeseen.

CNC-koneistuskeskus on periaatteessa jyrsinkone, joten sillä ei sorvata. Koneistuskeskuksessa kappale pysyy pääsääntöisesti paikallaan. Kappaletta voidaan liikuttaa sen kiinnittimen akselien ympäri, mutta tämä liike ei ole osallisena työstämisessä. Näiden kolmen päätermin alla on lukematon määrä erityyppisiä koneita ja eri valmistajilla taas on näille omia termejä. (An Engineer's Guide to CNC Turning Centers; DMG MORI www-sivut 2018)

3.3 NC-ohjelmointi

NC-ohjelmoinnilla tarkoitetaan sellaisen ohjelman luomista, jolla ohjataan CNC-konetta. NC-ohjelmalla kerrotaan mitä ja miten CNC-koneen halutaan tekevän. Yleisesti NC-ohjelmoinnissa käytettävä ohjelmointikieli on G-koodi. G-koodi on ohjelmointikielenä äärimmäisen vanha, sillä sen juuret ovat 1960-luvulla. Nimitys tulee siitä, että ohjelmassa monet komennot alkavat G-kirjaimella. (Fundamentals of CNC Machining, 5-2)

G-koodi on todella matalan tason ohjelmointikieli, joten sitä on joskus vaikea tulkita. Vaikka G-koodi onkin standardoitu kansainvälisesti, niin siitä liikkuu eri ”murteita” eri valmistajien ja eri koneiden välillä. G-koodeja ei siis todennäköisesti voi siirtää edes saman valmistajan koneiden välillä. Perinteiset G-komennot ovat käytännössä samat kaikissa työstökoneissa, mutta jokaisella valmistajalla on omia erikoistoimintoja, jotka koneistajan täytyy hallita. Yleensä uuden CNC-työstökoneen mukana toimitteen lista konekohtaisista komennoista. (Autodesk www-sivut 2018)

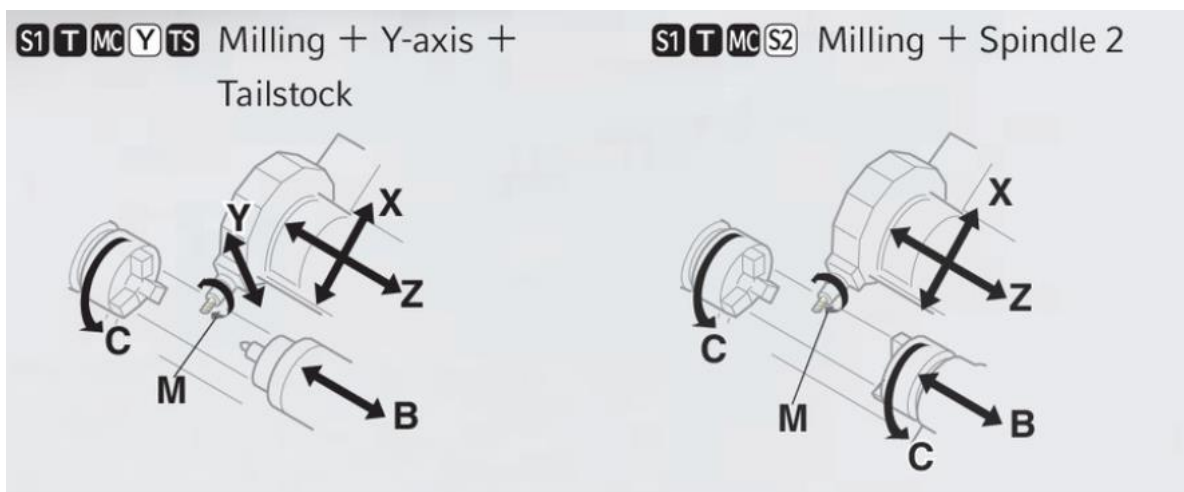
Käytännössä G-koodia on todella vaikeaa hallita manuaalisesta ja sen takia se nykyään hoidetaankin CAM-ohjelmistolla. Pelkällä CAM-ohjelmistolla pystyy tuottamaan ajovalmista NC-koodia, varsinkin jos siinä on asianmukainen postprosessori. Ammattimaisen koneistajan tulisi silti vähintäänkin ymmärtää G-koodia. Useimmiten pienet virheet ovat helpompi korjata suoraan NC-koodiin, kuin palata CAM-ohjelmistoon ja

postprosessoida koko ohjelma alusta. Tämä onnistuu tavanomaisella tekstieditorilla, mutta tähän tarkoitukseen on myöskin lukuisia NC-koodille tehtyjä editoreja.

Aihetta tutkiessa tuli toistuvasti vastaan käsite makro-ohjelma. Se on tuttu käsite esimerkiksi tietokonepeleistä. Peleissä makro-ohjelmilla pyritään suorittamaan useasti toistuvia komentoja nopeasti perä-jälkeen yhdellä komennolla. Makro-ohjelmat toimivat NC-koodissa pitkälti samalla periaatteella. Makro-ohjelma on pieni apuohjelma varsinaisen ohjelman sisällä, jolla voidaan näppärästi hoitaa esimerkiksi tangon syöttäminen. Nämä makro-ohjelmat yleensä toistuvat samalla koneella ohjelmasta toiseen. Yleensä makro-ohjelma on helpompi kutsua pääohjelmaan kuin lisätä sen sisältämät komennot jokaiseen ohjelmaan erikseen. Tämä vaatii toisaalta sen, että komennot toistuvat samassa järjestyksessä ohjelmasta toiseen. Makro-ohjelmissa etuna on, että ohjelman parantaminen päivittyy samalla kertaa kaikkiin ohjelmiin, joissa makro on käytössä. Parannus voi esimerkiksi olla lyhyempi tangonsyöttöön kuluva aika tai muu ohjelman optimointi.

3.4 Työstäminen usealla karalle samanaikaisesti

Työn aikana huomattiin, että sorvauskeskuksen karojen lukumäärä vaikuttaa postprossessorin määritykseen perustavanlaatuisesti. Sorvauskeskuksissa on usein mahdollista työstää pelkästään pääkaralla. Pääkara on se kara, johon aihio syötetään. Syöttö tapahtuu joko käsin tai syöttölaitteen kautta. Automatisoidussa tuotannossa tangonsyöttölaite syöttää tangon sorvauskeskuksen pääkaralle ja koko aihio pyörii samalla kun sen päätä työstetään. Tämän jälkeen kappale katkaistaan ja tangonsyöttäjä syöttää lisää tankoa. Tämä sykli toistuu tuhansia kertoja vuorossa automatisoidussa tuotannossa.



Kuva 2. Eri kokoonpanot samasta CNC-sorvauskeskuksesta (DMG MORI kuvasto)

Karojen lukumäärä osaltaan määrää mitä tämän syklin jälkeen tapahtuu. Kuvassa 2. on esitetty tässä opinnäytetyössä käytetyn DMG MORI NLX 1500 -sorvauskeskuksen eri kokoonpanoja. Huomataan, että äkkiseltään katsottuna samassa työstökoneessa voikin olla käytössä kärkipylkkä (vasemmalla) tai apukara (oikealla). Tällä valinnalla on merkittävä vaikutus koneen monipuolisuuteen, etenkin sarjatuotannossa. Kummattakin näistä kokoonpanoista ovat kuitenkin sorvauskeskuksia. Sillä vaikka vasemmanpuoleisessa kokoonpanossa ei ole apukaraa, voidaan sillä pelkän sorvauksen lisäksi suorittaa myös jyrsintöjä.

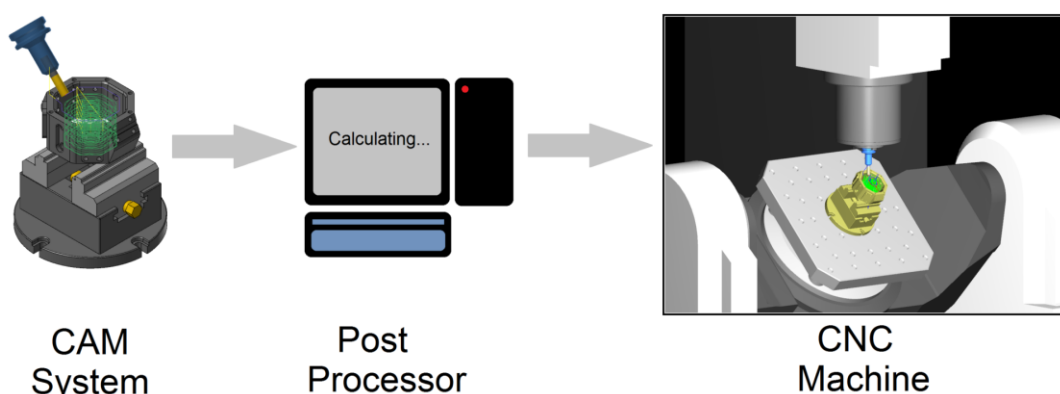
Jos koneessa ei ole käytössä apukaraa täytyy työstäminen tehdä kokonaisuudessaan pääkaralla. Tämä tietysti rajoittaa työstämähallisuuksia, sekä kappaleen monimutkaisuutta. Jos kappaleesta halutaan työstää esimerkiksi se osa, josta kappale on ollut kiinni pääkarassa. Täytyy kappale kääntää joko käsin tai robotilla ja kiinnittää uudestaan pääkaraan. Sama pätee tilanteeseen, jossa kappaleen pohja halutaan työstää. Tästä seuraa kaksi suurempaa ongelmaa. Ensinnäkin kappaleen vaihdossa kuluu aikaa ja tarkkuutta, sekä sitoo ajoittain työntekijän suorittamaan vaihdon. Toisaalta jo koneistetun osan uudelleenkiinnittämisessä on vaarana, että valmis pinta vaurioituu kiinnittämisessä.

Muun muassa näiden ongelmien takia usein on käytössä toinenkin kara. Tämä on apukara, jolla tartutaan kappaleeseen ja kappale katkaistaan tangosta. Tämän jälkeen kappaletta voidaan työstää toisesta päästä. Tämä tapahtuu yleensä jo samaan aikaan, kun uuden kappaleen työstäminen aloitetaan pääkaralla. Apukara pyörii siinä missä pääkarakin, joka mahdollistaa työkalujen pysymisen paikallaan. Hyvä esimerkki tähän on

päätykansi, jonka pohjaan täytyy koneistaa ura. Kun kappale on apukaralla, voidaan ura työstää pyörittämällä apukaraa ja ajamalla se koneen takaosassa olevaan uraterään. Apukara voi pysyä myös paikallaan samalla, kun kappaletta jyskitään tai porataan. Suuremmissa ja monimutkaisemmissa sorvauskeskuksissa on toinen tai jopa kolmas työkalurevolveri apukaraa varten. Jolloin periaatteessa apukaralla voidaan tehdä kaikki samat operaatiot, kuin pääkarallakin. Tällaisella järjestelmällä saadaan tuotantoaika parhailaan jopa puolitettua, kun tilannetta verrataan yksikaraiseen työstöön. Monimutkaisempi järjestelmä tuo lisähaastetta koneen asettamiseen sekä postprosessorin määrittelyyn. (Understanding Two-spindle Turning Technology)

3.5 Postprosessori

Postprosessori on ikään kuin tulkki CAM-ohjelmiston ja NC-koneen välissä. Postprosessori kääntää eli postprosessoi CAM-ohjelmistolla piirrettyjä työstöratoja sellaiseen muotoon, että NC-kone pystyy lukemaan niitä. Postprosessoria räätälöimällä tarkoitus on saada virheetöntä koodia ulos CAM-sovelluksesta. Tavoitteena on, ettei postprosessoitua koodia jouduta lainkaan muokkaamaan manuaalisesti. Asianmukainen postprosessori siis lukee CAM-ohjelmistolla luodun tiedoston ja kääntää sen NC-koodiksi. Postprosessori tekee tämän sille työstökoneelle, jolle se on määritelty. Tätä valmista NC-koodia ei voida siirtää toiseen työstökoneeseen ilman muokkausta.



Kuva 3. CAM/POST/CNC -ketju (Camplete www-sivut 2018)

Pääsääntöisesti kaikilla suurilla CAM-ohjelmistoilla on omat tiedostotyyppinsä, jolla CAM-tiedostoja tallennetaan. Mastercamin tapauksessa tiedostotyyppi on 2017-versiosta alkaen ollut .mcam. Näitä tietoja ei voida suoraan siirtää NC-koneeseen ja olettaa,

että kone lukee useita eri CAM-tiedostotyyppejä. Tämä johtuu osittain siitä, että jokaisella CAM-ohjelmistolla on eri tapa pakata tietoja. Tämän johdosta CAM-tiedosto pitää postprosessoida NC-koodiksi. Postprossessori ymmärtää juuri sen koneen yksilölliset toiminnot, jolle se on räätälöity. Koneita ei yleensä ole kahta samanlaista ja postprossessori täytyy aina räätälöidä jokaiselle koneelle erikseen.

CAM-sovelluksen luomia tiedostoja kutsutaan CL-tiedostoiksi (Cutter Location File) ja ne sisältävät tiedot työstöoperaatioista. Tietoihin kuuluu työstöradat, sekä työkalut joita käytetään. CL-tiedostot ovat niin sanotusti neutraaleja. Tämä tarkoittaa, ettei niitä tehdä tietylle koneelle, vaan ne sisältävät välttämättömät tiedot, joita voidaan periaatteessa hyödyntää millä tahansa työstökoneella. CL-tiedostotyyppejä on niin monta kuin CAM-ohjelmiakin. Ne eivät osaa hyödyntää optimaalisesti kyseessä olevaa työstökoneetta. Tämän takia CL-tiedostot käsitellään tarkalleen räätälöidyllä ohjelmistolla. Postprossessorin täytyy pystyä ottamaan huomioon kaikki kyseisen koneen tiedot. (Rensi Finland Oy [www-sivut](http://www-rensifinland.fi))

Uutta CNC-konetta tilatessa, tilaaja varustelee koneen juuri tämän yrityksen tarpeisiin sopiviksi. Varustelussa syntyneet pienetkin muutokset täytyy ottaa huomioon postprossessoria määritellessä. Määrittelyssä täytyy lisäksi ottaa huomioon firman sisäiset toimintatavat. Jokaisella konepajalla on omanlaisensa tapa hoitaa asetusprosessi ja tämä on hyvä huomioida postprossessoria määritellessä. Tässä opinnäytetyössä tuotetun postprossessorin toimittaja Suomen Postmaster tiivistä asian hyvin sähköpostikeskustelussa. Keskustelu käsitteli postprossessorin määrittelyyn liittyviä haasteita. Seuraava lainaus on Suomen Postmasterin kanssa käydystä sähköpostikeskustelusta. ”Tässä vaikuttaa tosi monet asiat: CAM-sovellus, CAM-sovelluksen käyttäjän tapa tehdä asiat, se millaisia kappaleita tehdään ja millä työkaluilla, postprossessorin-tekijä, koneistajan oma tapa tehdä asiat, työstökoneen ohjaus, itse kone ja vielä koneen toimittajakin. Kahta samanlaista sorvia tai työstökoneetta joille kävisi ihan sama NC-koodi ei ole vielä tullut vastaan. Lähimmäksi pääsee 3-akseliset Heidenhain 530- tai fanuc-ohjatut.”

Keskustelussa sivuttiin myös sitä, miksi postprossessorit usein tilataan ylläpitosopimuksella. Postprossessorin määrittäminen on hyvin pitkälle Trial-and-Error -tyyppistä toimintaa. Monimutkaisilla koneilla, kuten moderneilla sorvauskeskuksilla voidaan

tehdä monenlaisia prosesseja pelkän sorvaamisen ja porauksen lisäksi. Joten todennäköisyys, että kaikki tilanteet käydään läpi määrittämissä vaiheissa, on olemattoman pieni. Tämän takia postprosessoria tilatessa usein päätetään, että se tilataan ylläpitosopimuksen kanssa. Tässä tilaaja periaatteessa varautuu siihen, että jotain häiriötä postprosessorista kuitenkin löytyy ja maksaa jo etukäteen sen selvityksestä. Suurien toimittajien kanssa voi olla niin, ettei ilman ylläpitosopimusta postprosessoria pidetä yllä muutamaa viikkoa pidempään. Täytyy ottaa huomioon myös se tosiseikka, että CAM-ohjelmistot päivittyvät pääsääntöisesti vuosittain. Nämä emo-ohjelman muutokset eivät yleensä ainakaan selvennä postprosessorien tapaisten lisäosien hallintaa.

4 POSTPROSESSORIN HANKINTA JA MÄÄRITYS

4.1 Toimittajan valinta

Työn aloituspalaverissa 14.9.2017 tultiin siihen tulokseen, että postprosessori tilattaisiin kolmannelta osapuolelta. Yrityksen edustajien kanssa oltiin yksimielisiä siitä, ettei ole tarkoituksenmukaista alkaa itse ohjelmoimaan, sekä ylläpitämään postprosessoria. Projekti päätettiin aloittaa vertailemalla toimittajia, pyytämällä näiltä tarjous sekä aloittamalla tietojen kerääminen määrityksiä varten. Kuten edellä todettiin, postprosessoreihin kuuluu lähes aina ylläpitosopimus. Yleensä ylläpitosopimus kattaa myöskin päivitykset uudempiin CAM-ohjelmistoihin. R-Sarkon Oy:lle oli ostettu jo aikaisemmin ylläpitosopimuksella postprosessoreita työstökeskuksiin. Yhteistyökumppani oli näissä ollut suomalainen Zenex Oy. Tarjousta päätettiin tähänkin projektiin pyytää samalta yritykseltä.

Ajankohta oli otollinen, sillä Pirkkalassa järjestettävät Alihankinta-messut olivat viikon päästä aloituspalaverista. Päätettiin, että parasta olisi tavata Zenex Oy:n edustajia messuilla ja pyytää tarjous haluttuun postprosessoriin. Zenex Oy:n edustajien kanssa käydyissä keskusteluissa käytiin läpi millaisia ominaisuuksia postprosessoriin olisi tässä tapauksessa järkevää tilata. Zenex Oy:n kautta saatiin heidän yhteistyökumppaninsa Suomen Postmasterin tiedot, sekä alustava tarjous postprosessorin hinnasta. Kävi ilmi, että Suomen Postmaster oli tehnyt juurikin aikaisemmat työstökeskusten

postprosessorit R-Sarkon Oy:lle. Kun Suomen Postmasteriin oltiin oltu yhteydessä, sovittiin, että R-Sarkon Oy tilaa postprosessorin DMG MORI NLX 1500 -sorvauskeskukseen vuoden ylläpitosopimuksella.

Päätettiin tilata tangonsyöttöominaisuus suoraan CAM-ohjelmistoon. Ominaisuus maksoi hieman lisää, sillä se on muuta postprosessoria vaikeampi toteuttaa Mastercamissa. Päätettiin myös, ettei tässä vaiheessa tilata täyttä konesimulaatiota. Täysi konesimulaatio olisi ollut tarpeettoman suuri investointi suhteessa siitä saatavaan hyötyyn. Jos sorvauskeskus olisi ollut vasta hankinnassa, olisi se tietysti tarkoitus saada mahdollisimman nopeasti tuottamaan. Tällaisessa tilanteessa täysi konesimulaatio olisi maksanut mahdollisesti investointinsa takaisin. Mutta tässä tapauksessa sorvauskeskus oli jo asennettu ja mukana tuotannossa, jolloin ohjelmien lopullinen testaaminen tuli halvemmaksi fyysisesti koneella.

4.2 Ensimmäinen määrittäminen

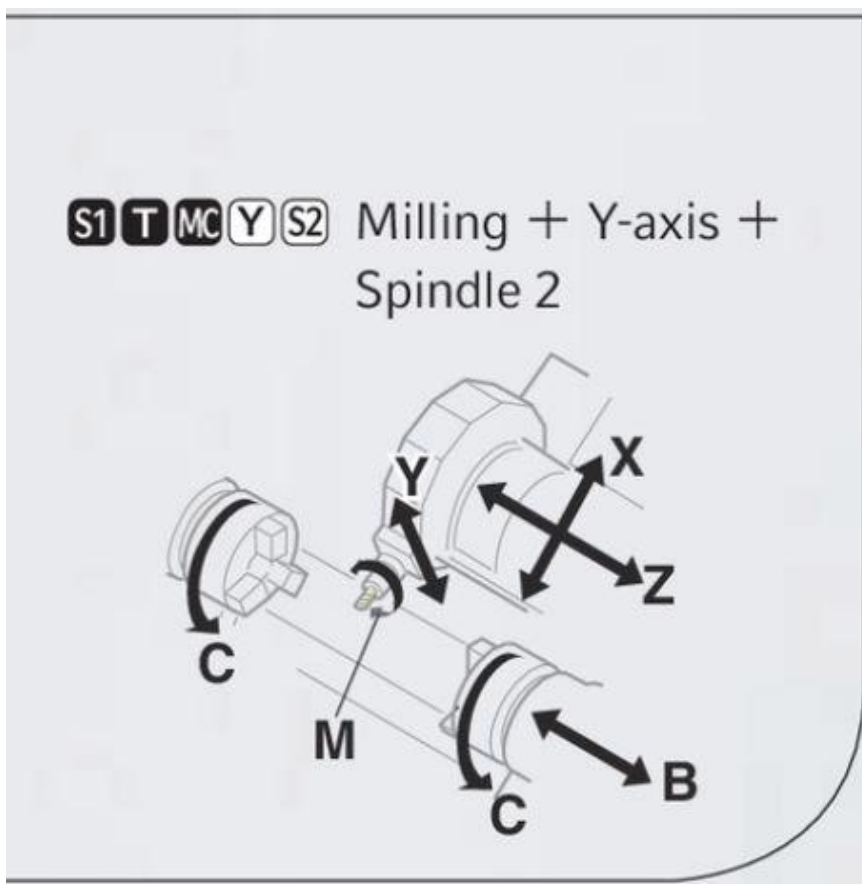
Ensimmäinen määrittäyksestä sisälsi aivan perustavanlaiset tiedot kyseisestä työstökoneesta. Saatiin lista kysymyksistä, joiden vastauksilla prosessi saataisiin aloitettua;

- Minkä niminen kone kyseessä?
- Sorvi- vai työstökeskus ja mitkä akselit käytössä X,Y ja Z lisäksi?
- Mikä ohjaus koneessa on?
- Mikä Mastercam-versio?

Tiedot kerättiin osittain paikan päällä yrityksessä, myöskin DMG MORIN katalogista löytyi paljon hyödyllistä tietoa. Samalla huomattiin, että sen päättäminen onko kone sorvi vai sorvauskeskus ei ollutkaan yksiselitteistä. Kuitenkin yrityksen teknistä johtajaa konsultoimalla saatiin varsin kattavan vastaus, joka on esitelty tarkemmin kirjassa 3.2. Kyseessä oli tässä tapauksessa CNC-sorvauskeskus. DMG MORIN verkkosivuilta löytyi katalogi, jossa oli juurikin kyseiset tiedot esiteltynä. Lopuksi lähetettiin seuraavat tiedot, sekä kuva koneen kokoonpanosta Suomen Postmasterille;

- DMG MORI NLX 1500

- Sorvauskekus
- Ks. liitteenä löytyvä kuva
- Celos-ohjaus
- MasterCam 2018



Kuva 4. Koneen kokoonpano (DMG MORI kuvasto)

Vastaus saatiin nopeasti, jossa Suomen Postmaster pyysi tarkempaa kuvausta koneen ohjauksesta. Oltiin siinä käsityksessä, että Celos-ohjaus sellaisenaan on riittävä määrittely. Kuitenkin paluuviestissä saatiin selvitys, että Celos-ohjaus ei varsinaisesti ole ohjaus. Se on pelkästään vuorovaikutteinen rajapinta, jonka alla varsinainen ohjaus toimii. Ohjaus Celoksen alla voi siis olla esimerkiksi Fanuc, Siemens tai Mitsubushi. Asia tarkistettiin koneen maahantuojalta ja heiltä varmistettiin, että kyseessä oli nimenomaan Celos – Mitsubushi -ohjaus. Fanuc on yleisempi ohjaus Celoksen alla ja toimii pitkälti samalla tavalla kuin Mitsubushi. Tässä kohtaa ei siis olisi tullut vahinkoa, vaikka ohjaus olisikin mennyt väärin, sillä rajapinta oli määritetty oikein.



Kuva 5. Celos ergoline käyttöliittymä kosketusnäytöllä (DMG MORI [www-sivut](http://www.dmgmori.com) 2018)

Samalla Suomen Postmaster pyysi NC-tiedostoja ohjelmista, joita kyseisellä koneella oli ajettu. Lisäksi tarvittiin G- ja M-koodilistat. Koodilistat lähetetään koneen mukana ja ovat pääsääntöisesti yksilöllisiä valmistajakohtaisesti. Määrittelyn liitteeksi lähetettiin sellaisia NC-ohjelmia, joita postprosessorin oletetaan tuottavan. Tässä kohtaa oli hyötyä siitä, että kone oli valmiiksi tuotannossa. Asettajalla oli ennestään vanhoja NC-ohjelmia, joilla oli jo tehty valmiita kappaleita. Näistä Suomen Postmaster pystyi tarkistamaan NC-koodin alkuun ja loppuun tulevia konekohtaisia määrittelyksiä.

Suomen Postmasterille lähetettiin neljä malliohjelmaa sekä koneen valmistajan toimitamat koodilistat. Samalla kerättiin kaikki koneella käytetyt makro-ohjelmat. Makro-ohjelmia oli aktiivisessa käytössä noin kymmenen kappaletta. Koneistajan kanssa tehtiin päätös, että postprosessori kannattaa toteuttaa käyttämällä apuna makro-ohjelmia. Suomen Postmasterille lähetettiin siis myös kaikki makro-ohjelmat ja lista niiden suorittamista toiminnoista. Makro-ohjelmat ovat pieniä apuohjelmia varsinaisen pääohjelman sisällä, joilla voidaan toteuttaa esimerkiksi tangon syöttö ja koneen ajaminen turvalliseen pisteeseen. Makro-ohjelmat eivät suoraan liity postprosessoriin, mutta postprosessorin täytyy osata noutaa oikea makro-ohjelma oikeassa kohtaa ja lisätä se

NC-koodiin. Tässä on lista toiminnoista, jotka oli toteutettu makro-ohjelmilla tämän työn tapauksessa:

- Kappaleen aloitus
- Kappaleenhaku
- Katkaisun lopetus
- Ohjelman lopetus
- Mittariluku
- Tangonvaihto, jos käytössä toppari
- Tangonvaihto, jos syöttö tapahtuu apukaralla vetäen
- Tangontoppaus

Suomen Postmasterilta saatiin viesti, että näiden tietojen avulla postprossessorin määrittäminen voidaan aloittaa ja ensimmäinen versio olisi pian valmis testeihin.

4.3 Toinen määrittäminen

Ensimmäisellä määrittäiskierroksella saatiin tarpeeksi tietoja, joiden avulla Suomen Postmaster pystyi ohjelmoimaan alustavan postprossessorin. Odotetusti postprossessori oli tässä vaiheessa vielä täysi raakile, sillä määrittäykset olivat vasta alussa. Sähköpostilla saatiin ensimmäinen versio postprossessorista ja ohjeet, miten se asennetaan Mastercamin. Asennus oli suoraviivaista. Aluksi piti löytää Mastercamin asennuskansio ja siirtää postprossessorin tiedostot sinne. Mastercam 2018 -versiossa postprossessorin saa päälle valikkopöytä Kone – Lathe, avautuneesta listasta valitaan haluttu postprossessori. Ensimmäinen versio postprossessorista oli nyt asennettu. Seuraavaksi täytyi tehdä testejä ja tutkia millaista NC-koodia se tuotti annetusta CAM-tiedostosta.

Suomen Postmasterilta kysyttiin, miten postprossessorista pitäisi alustavasti etsiä virheitä. Suomen Postmasterilta saatiin ohjeistus. Tämän avulla tarkistettiin, että ohjelma on toimiva ja kelpaa koneistajalle. Tässä vaiheessa ei vielä tarvinnut testata aihion poimintoja ja muita hankalampia prosesseja. Tärkeintä tässä vaiheessa oli varmistaa, että sorvaus, poraus ja jyrsintä pääkaralla toimii. Jos nämä prosessit saataisiin toimimaan

ensimmäisellä kerralla, niin oltaisiin jo päästy hyvään alkuun. Sen jälkeen, kun postprosessori oli asennettu ja sillä oli postprosessoitu ensimmäinen ohjelma, tehtiin havainto, ettei makro-ohjelmat toimi kuten niiden pitäisi. Varsinkin ohjelman aloituksessa ja lopetuksessa oli ongelmia. Postprosessoitu ohjelma ei näyttänyt lainkaan malliohjelmalta. Tässä vaiheessa koneistaja kävi koodin manuaalisesti läpi ja kirjasi ylös prosesseja, joita täytyisi tarkistaa postprosessorin seuraavassa versiossa. Seuraavassa on listattuna kysymykset, jotka näiden tietojen pohjalta kerättiin.

- Ohjelman aloituksessa väärät Z- ja X-arvot.
- Mistä katkaisunlopetuksen makro-ohjelmaan saadaan Z?
- Miksi ohjelmisto postprosessoii kaksi kertaa CAM-tiedoston?
- Ohjelman lopussa väärät teksti- ja makrorivit.
- Sorvauksien alussa G98, kun pitäisi olla G99.
- Kotiasemaan meno pitää olla konekoordinaateilla, ei kotiaseman koordinaateilla.
- Apukaran käynnistys.

Tämä lista kysymyksiä lähetettiin Suomen Postmasterille koneistajan saatekirjeellä varustettuna.

4.4 Kolmas määrittäminen

Kolmannella määrittäyskierroksella ei saatu juurikaan edistystä postprosessorin toimintaan. Edellisen määrittäyskierroksen virheet olivat siirtyneet myös uuteen versioon postprosessorista. Syy saattoi olla määrittäyksissä, malliohjelmissä tai yhteistyökumppanissa. Tehtiin päätös, että kerättäisiin kaikki mahdollinen määrittäysmateriaali, jotta postprosessorista saadaan varmasti halutunlainen. Tässä välissä saatiin kolmas versio postprosessorista, joka asennettiin ja testattiin. Kuitenkin testeissä huomattiin postprosessorissa olleen kaikki samat ongelmat kuin edellisellä kierroksella. Koneistajan kanssa pidettiin palaveri ja mietittiin mitkä ominaisuudet olisi tärkeintä saada seuraavaksi toimimaan postprosessorissa. Päätettiin myös, että kerätään kaikki materiaali, jota voi lähettää liitetiedostona. Tämän johdosta Suomen Postmasterilla olisi riittävästi referenssejä, joihin verrata postprosessoitua NC-koodia.

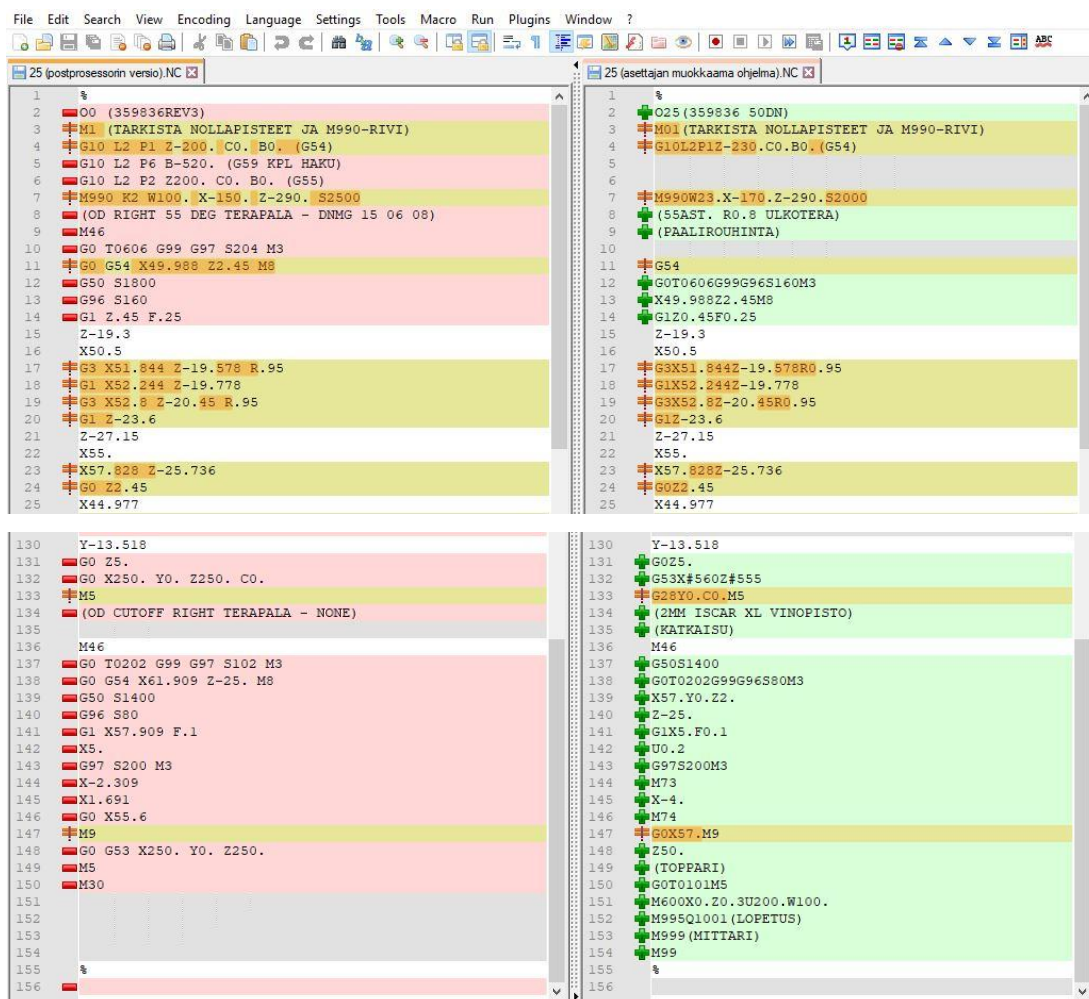
Sen jälkeen tehtiin havainto, että suurin osa postprosessorin tuottamista kummallisista ratkaisuksista edellisellä kierroksella liittyi makro-ohjelmiin. Mallit näistä oltiin lähetetty jo ensimmäisellä määrittyskierroksella. Kolmannes ongelmista olisi välittömästi korjaantunut G- ja M-koodilistoja tutkimalla. Tehtiin siis ratkaisu, että poimitaan malliohjelmista tärkeät kohdat ja tehdään niistä paketti. Nämä prosessit postprosessorin olisi välttämätöntä hallita seuraavassa versiossa. Tämä paketti lähetettäisiin selventävien viestien, makro-ohjelmien, sekä koodilistojen kanssa Suomen Postmasterille.

Tietojen kerääminen aloitettiin käymällä yksitellen läpi kaikki löydetty virheet postprosessoidusta NC-koodista. Näihin virheisiin kirjoitettiin kommentti ja kerrottiin malliohjelma, sekä koodilistan kohta, josta ongelma ratkeaisi. Prosessi hankaloitui apukaran johdosta huomattavasti. Ohjelmat olivat täysin erilaisia alusta ja lopusta. Erot riippuivat siitä, oliko käytössä pelkkä pääkara vai oliko työstössä mukana apukara. Samanaikaisesti jouduttiin siis käymään läpi kahta täysin erilaista ohjelmatyyppiä. Molemmissa oli käytössä eri makrokoodit ja nämä täytyi saada postprosessorin oikein.

Tehtiin päätös, ettei tällä määrittelykierroksella mahdollinen virhe johdu kerättyjen määritysten niukkuudesta. Lopullinen määrittystiedosto sisälsi neljä sivua pitkän selityksen. Dokumentissa käytiin läpi kaikki löydetty virheet. Samalla pakettiin lisättiin uusia malliohjelmia, kaikki käytettävät makro-ohjelmat, sekä selitykset jokaisesta makro-ohjelmasta. Lopulta tultiin siihen tulokseen, että järkevintä olisi tehdä kaksi erillistä postprosessoria. Näistä toinen hoitaisi pelkästään pääkaralla tapahtuvan työstön. Samalla kun toinen postprosessori hoitaisi tilanteen, jossa apukara on mukana ohjelmassa.

Kuvassa 6. on esitetty kaksi NC-ohjelmaa. Molemmat lähetettiin määrittyspaketin mukana Suomen Postmasterille. Ohjelmat tehtiin suunnittelemalla geneerinen kappale, josta tehtiin Mastercamilla CAM-tiedosto. Tämä tiedosto postprosessoitui. Postprosessoitu tiedosto siivottiin manuaalisesti siihen pisteeseen, missä se olisi ajovalmis. Kun tiedostot asetettiin vierekkäin vertailuohjelmalla. Näin pystyttiin havainnollistamaan, mitä puutteita postprosessorin toiminnassa oli. Suurimmat erot löytyivät ohjel-

man aloituksessa ja lopetuksessa. Työstöradat ja itse työstäminen toimivat jo tässä vaiheessa postprosessorissa, joten ohjelman keskellä oli kymmeniä rivejä ajovalmista NC-koodia. Kuvassa 6. molemmat NC-tiedostot ovat avattu avoimen lähdekoodin ohjelmistolla Notepad++. Vertailu on tehty Notepad++ Compare -lisäosalla, jolla pystyy havainnollistamaan kahdessa eri koodissa olevia eroja side-by-side näkymässä.



Käytännössä komento G53 täytyy aina lisätä sellaisille riveille, joissa esiintyy lause: G0 G53 X#560 Z#555. Tämä lause suorittaa terän poistumisen turvalliseen asemaan, jossa työkalu voidaan vaihtaa. Kuitenkin postprosessori jätti satunnaisesti lauseesta pois G53-komennon, jolloin rivillä luki vain: G0 X#560 Z#555. Ehjänä tuo lause hakee makro-ohjelmassa asetetun turvallisen paikan ja siirtää työkalun sinne. Ilman G53-komentoa, terä poistuu työstön lopulta periaatteessa satunnaiseen paikkaan, sillä se ei ymmärrä mihin verrata annettuja koordinaatteja. G53 ohjeistaa konetta vertaamaan koordinaatteja konekohtaiseen koordinaatistoon. Kerätyssä materiaalissa painotettiin, että lauseen täytyi aina olla muotoa G0 G53 X#560 Z#555. Komentoon liittyen selvennettiin lisäksi, että koordinaatit haettaisiin M990 makro-ohjelmasta. M990 makro-ohjelmaan koneistaja asettaisi turvallisen koordinaatin teränvaihdolle.

4.5 Neljäs määrittäminen

Edellisellä kierroksella kerätty materiaali sisälsi useita sivuja kommentteja. Niissä pohdittiin vaihtoehtoa, että määritettäisiin kaksi erillistä postprosessoria. Toinen suorittaisi pelkästään pääkaralla tapahtuvan työstön. Toinen puolestaan apukarallisen ohjelman. Kuten todettu, nämä erot muuttavat postprosessorin tuottamia alku- ja loppukomentoja. Suomen Postmaster tutki lähetettyjä tietoja muutaman päivän ja lähetti uuden postprosessorin. Tämä uusi postprosessori asennettiin Mastercamiin. Testaaminen aloitettiin postprosessoinnalla samoja CAM-tiedostoja, joita oltiin tutkittu edellisillä kierroksilla.

Uuden postprosessorin lisäksi Suomen Postmaster lähetti liitteenä viestin, jossa kertoi tehdyistä muutoksista ja vastasi esitettyihin kysymyksiin. Suomen Postmasterin mielestä kahdelle erilliselle postprosessorille ei ollut tarvetta. Uusin versio postprosessista pystyi päättämään, onko kyseessä apukarallinen työstö. Lisäksi se muuttaisi alkua ja loppua sen mukaisesti, kumpi tilanne oli kyseessä. Postprosessoriin oli lisätty uusi ominaisuus tilanteeseen, jossa astia tulee keräämään valmiin kappaleen. Postprosessori osasi nyt hakea Mastercamille annetusta aihioista kyseisen tangon halkaisijan ja sen avulla päätellä, milloin keräin tulee nostaa pystyyn. Viestissä todettiin, että poiminta – veto – katkaisu -syklissä on vielä hieman ongelmia. Mutta jos tilanteesta löydetäisiin malliohjelma, saataisiin sekin kuntoon.

Postprosessoria testattiin aluksi valmiilla CAM-tiedostoilla. Lisäksi piirrettiin kokonaan uusia kappaleita, joihin määritettiin uudenlaiset työstöradat ja työkalut. Näissä testeissä ainoa löydetty virhe oli G53-komennon puute täysin sattumanvaraisesti. Kaikissa sorvauksissa se löytyi, mutta esimerkiksi porauksissa ei. Huomattiin G53-komennon puuttuvan aina niiltä riveiltä, joissa oli pyörivä työkalu. Ohjelma oli kuitenkin täysin ajovalmis yksikaraisen sorvauksen osalta.

Ohjelmoitiin vielä yksi malliohjelma. Ohjelmasta selvisi mihin kohtaa keräimen nostava M73-komento, sekä sen laskeva M74-komento tulevat. Kirjoitettiin myös viesti, missä kerrottiin G53-komennon puutteesta pyörivien työkalujen osalta. Suomen Postmaster vastasi heti seuraavana päivänä päivitetyn ohjelman kanssa. Viestissä huomautettiin myös, että G53-komennon puute oli bugi. Postprosessorin editointi-ohjelmistossa oli virhe juurikin pyörivien työkalujen kohdalla. Virhe oli nyt korjattu uuteen versioon. Myöskin keräin toimi nyt malliohjelman mukaisesti.

Koneistajan kanssa tultiin siihen tulokseen, että postprosessori tuottaa tällaisenaan täysin ajovalmista NC-koodia. Oltiin nyt siinä tilanteessa, mihin tämän työn alussa pyrittiin. Mastercamilla piirretyt työstöradat saatiin ajovalmiiksi NC-koodiksi napin painalluksella. Tietysti koodi täytyisi aina käydä läpi tai simuloida ennen tuotannon aloittamista. Koodin läpikäyminen on tosin yksinkertainen prosessi valmiille NC-koodille.

4.6 Viimeinen määrittäminen

Vaikka postprosessorin tuottama koodi oli jo edellisellä kierroksella saatu ajokuntoiseksi, huomasi työssä mukana ollut koneistaja koodista vielä muutoseikkoja ja malliohjelmaan unohtuneen virheen. Suomen Postmasterille oli annettu vääränlainen malliohjelma poiminta – veto – katkaisu -sykliin. NC-koodi oltaisiin voitu ajaa muutaman kerran täysin sujuvasti läpi, mutta sen jälkeen kappaleen keräin olisi ollut täynnä lastua. Kyseessä oli lastu, joka syntyy kappaleen katkaisussa.

Tästä syystä päätettiin koota viimeinen määrityspaketti ja korjata vääränlaista malliohjelmaa. Tämän lisäksi kerättiin myöskin lista muotoseikoista. Muotoseikat eivät vaikuttaneet työstämiseen, mutta ne näyttivät epäammattimaiselta NC-koodissa.

Ensimmäisenä korjattiin virheellinen malliohjelma. Edellisessä määrittämisessä oli ohjeistettu seuraavasti; M73 aina ennen X-syöttöä ja M74 sen jälkeen. M37-komento nostaa kappaleen keräimen ylös. Keräintä kutsutaan toisinaan ”kipoksi”, sillä keräin muistuttaa usein astiaa. M74-komento vastaavasti laskee keräimen ja tyhjentää sen automaattisesti kuljetushihnalle. Tämä virhe korjattiin määrittämällä M73-komennon todellinen paikka koodissa. M73 tulee vasta 2 mm ennen kuin katkaisuterä katkaisee kappaleen. Tämä on helppo toteuttaa umpinaisen tangon kanssa. Umpitangolla 2 mm ennen katkaisua on koordinaatistossa 2 mm ennen aihion nollapistettä. Tilanne hankaloituu, jos käytössä on onttoa putkea. Putkessa katkaisu saattaa tapahtua esimerkiksi 25 mm ennen nollapistettä. Tämän koneen tapauksessa putkea koneistetaan niin harvoin, että sovittiin koneistajan korjaavan tämän käsin, jos siihen tulee tarvetta. Koodi toimi tällaisenaan. Mutta M73-komennon sijainnin takia, olisi astia kerennyt keräämään tippuvan kappaleen lisäksi, myös kaikki lastut, jotka katkaisussa syntyvät.

Tämän korjauksen lisäksi kerättiin lista pienistä muotovirheistä, jotka olisi hyvä saada siistittyä. Tässä on koottu lista esitettynä kommenttien kanssa:

- G54 turhaan ohjelman alussa. Se laitetaan makro-ohjelmassa M990 päälle. G54-komento valitsee koneen työkoordinaattijärjestelmän ja se täytyy kertoa koodissa vain kerran. Toistosta ei ole haittaa, muttei toisaalta hyötyäkään.
- G0 on turhaan useasti peräkkäin. G0 on paikoituskomento. Postprosessorissa on jokin bugi, joka toistaa sitä turhaan. Tämäkään ei ole haitallista, mutta on turhaa.
- M8 ja M9 esiintyvät turhaan vuorotellen. M8 kytkee lastuamisnesteen päälle ja M9 taas pois päältä, nämä toistuvat keskellä koodia useasti. Vuorottelu on turhaa, sillä koodin alkuun laitetaan M8 ja loppuun M9. Lastuamisnestettä ei varsinaisesti kannu kytkeä pois päältä keskellä työstöä. Mastercam lähettää tässä turhaan tiedon postprosessorille, että lastuamisnesteen tarve loppuu tietyn

prosessin lopussa. Se kuitenkin alkaa taas heti seuraavalla rivillä, kun uusi prosessi alkaa. Tämä ei niinkään vaikuta mihinkään, mutta sekin on taas turha.

- Mikäli seuraava pyörivä työkalu vaatii karan pysäyttämisen, vain siinä tapauksessa M5-komento tulee työkalun jälkeen. M5-komento pysäyttää pyörivän työkalun karan.

Tässä esitettiin kaikki tiedot, jotka viimeisellä kerralla lähetettiin. Suomen Postmaster vastasi näihin päivitetyllä postproessorilla, jonka kaikki työssä osallisena olleet hyväksyivät. Määrittämisprosessi päätettiin siis lopettaa. Todettiin, että postproessori ja siten tämä opinnäytetyö täyttävät toivotut tavoitteet. Kaikkia mahdollisia tilanteita on tietenkin mahdoton simuloida ja pitää varautua siihen, että tietyt yhdistelmät prosesseissa saattavat sekoittaa postproessorin. Tulevaisuudessa varmasti julkaistaan uusia Mastercam-versioita, joissa tulee uusia ominaisuuksia. Käytössä olleeseen sorvauskeskukseen saatetaan hankkia lisää lisäosia, kuten antureita, jotka täytyy uudelleen määrittää postproessoriin. Tällaisten mahdollisuuksien takia postproessori tilattiin ylläpitosopimuksella. Ongelmien sattuessa esimerkiksi koneistaja voi olla yhteydessä Suomen Postmasteriin, joka päivittää postproessoria tai auttaa ratkaisemaan ongelman.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää menetelmä, jolla saataisiin valmiimpaa NC-koodia CAM-sovelluksesta. Tämä tavoite saavutettiin ja työssä kehitetty menetelmä on käytössä konepaja R-Sarkon Oy:llä. Postprosessori, joka tässä työssä määriteltiin, on aktiivisessa käytössä.

Aineistoa löytyi aiheesta kohtalaisesti. Toisaalta etenkin postprosessori oli aiheena niin spesifi, että siitä oli hankalaa löytää tarkkoja kirjalähteitä. Koneistamisesta on kirjoitettu lukematon määrä kirjoja. Verkosta löytyi paljon hyvää aineistoa aiheesta, niin englanniksi kuin suomeksikin.

Opinnäytetyössä tehty käytännön työ oli lopulta hyvin pitkälle postprosessorin testauksista ja sen seuraavan version määrittelyä. Työssä ei varsinaisesti tuotettu mitään fyysistä, vaikka sillä olikin suuria konkreettisia vaikutuksia asetusprosessiin. Suurin osa varsinaisesta työstä suoritettiin R-Sarkon Oy:n tiloissa ja sen aikana kerettiin käymään Alihankinta-messuillakin. Zenex Oy antoi tätä opinnäytetyötä varten täysin ilmaiseksi käyttöön Mastercam-lisenssin, siitä oli korvaamaton apu työtä tehdessä.

Opinnäytetyössä tarkastellun sorvauskeskuksen asetus aika lyheni merkittävästi. Samalla koko asetusprosessi selkeytyi, sillä se voidaan nyt suorittaa täysin Mastercamissa. Postprosessoitua koodia ei jouduta enää muokkaamaan manuaalisesti, joten asetettu tavoite täyttyi. Työssä hankittu postprosessori tilattiin ylläpitosopimuksella, joten määrittästyö voi jatkua tämän opinnäytetyön jälkeenkin. Mastercamista tulee tulevaisuudessa seuraava iteraatio, joten postprosessori täytyy päivittää siihen yhteensopivaksi.

LÄHTEET

R-Sarkon Oy:n www-sivut. Viitattu 9.3.2018. <http://www.r-sarkon.fi>

Edu.fi www-sivut. Viitattu 9.3.2018. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/nctekniikka/sanasto.html>

Solidworks-CAM www-sivut. Viitattu 8.4.2018. <https://www.solidworks.com/product/solidworks-cam>

Sherline www-sivut. Viitattu 10.3.2018. <https://sherline.com/milling-machine-terminology/>

Camworks www-sivut. Viitattu 8.4.2018. <https://camworks.com/modules/camworks-virtual-machine/>

Mastercam www-sivut. Viitattu 10.3.2018. <http://mastercam.fi/>

An Engineer Guide to CNC Turning Centers. Viitattu 10.3.2018. <https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/14512/An-Engineers-Guide-to-CNC-Turning-Centers.aspx>

Fundamentals of CNC Machining. 2014. Titans of CNC & Autodesk. Viitattu 28.2.2018. http://academy.titansofcnc.com/files/Fundamentals_of_CNC_Machining.pdf

Understanding two spindle turning technology. 2011. Canadian metal working. <https://www.canadianmetalworking.com/article/metalworking/understanding-two-spindle-turning-technology>

Complete www-sivut. Viitattu 9.3.2018. <http://complete.com/cnc-post-processor/>

Rensi Finland Oy:n www-sivut. Viitattu 9.3.2018. <https://www.rensi.fi/tuotteet/ohjelmistot/postproessorit/>

DMG MORI kuvasto. Viitattu 10.3.2018. http://media.dmgmori.com/media/epaper/nlx_1500_2000_uk/epaper/nlx1500_2000_en.pdf

DMG MORI www-sivut. Viitattu 10.3.2018. <https://fi.dmgmori.com/products/controls/celos-with-mapps-v>

